Docket No.: UDK-0014
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Takeshi Karasawa, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Confirmation No.:

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: METHOD FOR CONTROLLING ELECTRIC CONDUCTIVITY

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

MS Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

Country	Application No.	Date
Japan	2002-336029	November 20, 2002

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: November 19, 2003

Respectfully submitted,

By _____
Robert S. Green
Registration No.: 41,800
RADER, FISHMAN & GRAUER PLLC
1233 20th Street, N.W.
Suite 501
Washington, DC 20036
(202) 955-3750
Attorney for Applicant

04496

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: ２００２年１１月２０日

出 願 番 号
Application Number: 特願２００２－３３６０２９

[ST. 10/C]: [ＪＰ２００２－３３６０２９]

出 願 人
Applicant(s): ウシオ電機株式会社

２００３年１０月 ３日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 今井康夫

出証番号 出証特２００３－３０８１８５４

【書類名】　特許願
【整理番号】　020163
【提出日】　平成14年11月20日
【あて先】　特許庁長官　殿
【国際特許分類】　H01L 21/477
【発明者】
　【住所又は居所】　兵庫県姫路市別所町佐土１１９４番地　ウシオ電機株式会社内
　【氏名】　柄沢　武
【発明者】
　【住所又は居所】　兵庫県姫路市別所町佐土１１９４番地　ウシオ電機株式会社内
　【氏名】　池内　満
【特許出願人】
　【識別番号】　000102212
　【氏名又は名称】　ウシオ電機株式会社
【代理人】
　【識別番号】　100106862
　【弁理士】
　【氏名又は名称】　五十畑　勉男
　【電話番号】　03-3242-1814
【手数料の表示】
　【予納台帳番号】　163877
　【納付金額】　21,000円
【提出物件の目録】
　【物件名】　明細書　1
　【物件名】　図面　1
　【物件名】　要約書　1
　【包括委任状番号】　0201375

【プルーフの要否】　　要

【書類名】　明細書

【発明の名称】　電気伝導性制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項１】　不純物を導入したアモルファスシリコンおよび／またはポリクリスタルシリコンを被照射物とし、パルス点灯する光源を配置した光照射装置を用い、前記被照射物に光を照射して前記被照射物の電気伝導性を制御する電気伝導性制御方法であって、

光を照射するにあたり光エネルギーＥをＪ／ｃｍ^2で表し、パルス幅τをｓｅｃで表したとき、$S=E/\tau^{1/2}$により定義する照射指標Ｓを制御して光照射を行い、前記照射指標Ｓの値を$400 \leqq S \leqq 900$の範囲としたことを特徴とする電気伝導性制御方法。

【請求項２】　前記照射指標Ｓの値を$500 \leqq S \leqq 900$の範囲としたことを特徴とする請求項1に記載の電気伝導性制御方法。

【請求項３】　前記光源としてフラッシュランプを用いることを特徴とする請求項１または請求項２のいずれかに記載の電気伝導性制御方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜トランジスタ（TFT）の作製において必要となる、不純物を導入したアモルファスシリコンおよび／またはポリクリスタルシリコンからなるシリコン半導体層の電気伝導性の制御方法に関するものであり、さらに詳しくは光照射を用いるドーパントの活性化方法に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

従来から光照射は様々な用途に用いられており、そのための装置も多種多様である。殺菌を目的としてバクテリアなどを死滅させるために紫外線ランプを装備した装置などが好例であろう。電気電子工業においてもフォトリソグラフィー工程でのレジストのパターン形成や薄膜形成に際しての光アシストなど光照射は重要な要素技術の一つとなっている。高精度光照射の例としてはレーザー光を用い

るものがある。レーザーからは単一波長のコヒーレント光を得ることができ集光性に優れていることからミクロンスケールの部分照射も可能である。この特性を生かしミクロな配線パターンの部分修復や切断などのいわゆるレーザーリペアーなどの応用技術がある。

【０００３】

薄膜の結晶性向上などにおいては如何に必要なエネルギーを効率よく必要な部分に供給できるかが重要である。したがってこのような目的のためにも精度の高い光照射特性の制御を必要とすることからレーザー光照射技術が用いられている。アモルファスシリコン（a-Ｓｉ）薄膜にエキシマレーザー光を照射することによりポリクリスタルシリコン（p-Ｓｉ）薄膜を形成する技術は広く普及しており、デバイスの作成工程にも導入されている。

【０００４】

光照射は被照射物の特性および目的により必要な条件が異なるため通常は特定用途ごとに個々の装置が開発されてきた。先のレーザー照射装置などがその例である。しかし、このレーザー光の特性は広域への照射という点では不利である。たとえば数ｃｍあるいはそれ以上におよぶ領域に照射する場合にはビームエキスパンダーなどの光学系の工夫により意図的に照射領域を広げる必要がある。

【０００５】

照射領域を広げることにより当然のことながら照射強度密度は低下することとなるために広い領域への高強度照射を要する場合には高価な大型高出力のレーザーを必要とする。さらに、高出力レーザーからの光を広げるにも限界があり、場合によっては広げたレーザービームの照射位置を順次移動させることにより必要な照射領域を満たすというよな工夫がなされている。

【０００６】

ところで、薄膜トランジスタ（TFT）の機能は半導体層の電気伝導性をｐタイプおよびｎタイプそれぞれについて所望の値に制御することを必要としている。原理的には半導体層に不純物を導入し、何らかの方法により加熱することでその目的を達することができるが、実用上適用可能な方法は対象となるデバイスの構造、使用される材料の種類や形成方法など様々な要因を考慮して決定しなければ

ならない。

【０００７】

耐熱性に優れた材料系で構成されている場合には不純物の導入の後に試料全体を加熱炉に入れ、高温例えば数100℃～1000℃程度にまで加熱し、数10分間保持するというような方法も可能である。また、この目的のために光照射も利用されている。光源の種類も豊富であるため、多様な方法が開発されており、代表的な方法の一つにレーザー光照射によるものがある。

【０００８】

これは半導体層に不純物を導入した試料を高温炉に入れるのではなく、ある程度の温度に設定したヒーターステージ上に試料を設置し、それにレーザー光を照射する方法である。レーザーはその種類により波長および照射方法（連続またはパルス）にバリエーションがあるため、対象材料および目的に応じてある程度の選択が可能である。ガラス基板上でのTFTの形成においてはガラス基板が軟化あるいは溶融してしまわないことが必須要件であるためパルスレーザーを用いることが多い。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

薄膜トランジスタ（TFT）のための半導体層の電気伝導性制御においてはその手法の選択が重要である。試料全体を加熱炉に入れ高温、長時間の加熱を行うようなプロセスに関しては必ずしも適用できるとは限らず、特にディスプレー用途に用いられるTFTの場合には耐熱性に優れた石英基板を用いるような構成の場合以外には実質上不可能である。コストなどの観点からガラス基板が用いられることが最も多く、最近では樹脂基板の検討もなされている状況であり、これらの材料系にとっては十分な活性化が達成できるような高温炉の使用は現実的でない。

【００１０】

一方、レーザー光照射は非耐熱材料への対応がある程度可能な側面を有している。極めて短いパルスのレーザー光を照射する場合には、その波長を適度に選択することにより被照射物の表面近傍を選択的に加熱することが可能となり、基板材料へのダメージを最小限に食い止めることができる。しかしながら必要とする

領域に一括照射することは通常できず、ラインビーム状にしてスキャンさせる手法がとられている。

【００１１】

したがって、プロセスの時間を相当程度必要とし、特に中、大型ディスプレーが目的の場合には生産性が低いという問題を有している。しかも、パルスレーザーのビームスキャンであるためにある程度のばらつきは避けがたく、出来上がった製品の面内の不均一性を生じてしまうという問題をかかえている。

【００１２】

本発明は広範な条件に対応可能な光照射方法であり、広い面積に制御性良く光を照射し材料を改質するための装置の生産性を大幅に向上させ、かつコストの削減を可能にする光照射方法を提供することを目的とする。特に、薄膜トランジスタの特性制御にとって不可欠な半導体層のドーパントの活性化の効率化、低コスト化を目的とする。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

そこで上記課題を解決するために、請求項１に記載の発明は、不純物を導入したアモルファスシリコンおよび／またはポリクリスタルシリコンを被照射物とし、パルス点灯する光源を配置した光照射装置を用い、前記被照射物に光を照射して前記被照射物の電気伝導性を制御する電気伝導性制御方法であって、光を照射するにあたり光エネルギーＥをＪ／ｃｍ^2で表し、パルス幅τをｓｅｃで表したとき、$S=E/\tau^{1/2}$により定義する照射指標Ｓを制御して光照射を行い、前記照射指標Ｓの値を$400 \leqq S \leqq 900$の範囲としたことを特徴とする電気伝導性制御方法とする。

【００１４】

そして、請求項２に記載の発明は、前記照射指標Ｓの値を$500 \leqq S \leqq 900$の範囲としたことを特徴とする請求項１に記載の電気伝導性制御方法とする。

【００１５】

また、請求項３に記載の発明は、前記光源としてフラッシュランプを用いることを特徴とする請求項１または請求項２のいずれかに記載の電気伝導性制御方法

とする。

【００１６】

なお、本願で言うパルス幅とは、通常、半値幅と呼ばれているものに相当し、パルスの尖頭値の１/２に相当する値の時間幅のことをいう。

【００１７】

【発明の実施の形態】

本発明による光照射装置の構成例を示す概略が図１である。光照射装置１０には光源として複数本のキセノンフラッシュランプ１を用い、それらの背面、すなわち被照射物である試料５の反対側には反射板２が設けてあり、ランプからの光照射の際の均一性向上および背面へ散逸する光の有効利用に寄与するように設計されている。ランプ１と試料５との間にはディフューザー３を設置し、光の均一性を一段と向上させるようにしてある。試料５はＡｒ、N_2、真空あるいは大気雰囲気と目的に応じて設定されたガス雰囲気にされたチャンバー７内に配設されて、ヒータ８で下方から予熱された試料ステージ４上にセットされ、ランプ１との距離を調節した後に照射が行われる。

【００１８】

以下に述べる具体的実施例の試料ステージ４の表面はアルミニウム（Ａｌ）を用いた高反射面仕上げとなっているものを用いた。Ａｌの反射特性は文献等にあるのでここでは省略するが、紫外から赤外にいたるまでの広帯域にわたって均一かつ高い反射特性を示し、キセノンフラッシュランプ１からの光を効率よく反射する性質を有している。

【００１９】

しかし、試料ステージは目的に応じて多様なものが可能であり、表面の材質としてはセラミックス（アルミナ、チッ化アルミニウムなど）、金属（アルミニウム、ステンレスなど）、あるいはホーローでコーティングした金属などがある。被照射物の性質、使用温度などを考慮して適したものを選択することになる。

【００２０】

ここで、本発明において取り上げた照射指標Ｓについて説明する。パルス光を被照射物に照射して改質する場合、同程度に改質する条件はパルス光のエネルギ

ーの多寡とパルス幅により複数存在する。本発明で規定した「光エネルギーＥ[Ｊ／ｃｍ^2]とパルス幅τ[ｓｅｃ]を基に算出される照射指標Ｓ」で表記すると略同じ値で異なる光エネルギーやパルス幅を有する光照射においても改質のための条件を表記できることを発明者は見出したのである。

【００２１】

本発明における照射指標Ｓを制御する回路構成の一例を図２に示す。充電器１３からのエネルギーをコイルＬ１・Ｌ２・Ｌ３およびコンデンサーＣ１・Ｃ２・Ｃ３の組み合わせからなる回路に蓄積し、キセノンフラッシュランプ１の発光に利用する。ここではコイルとコンデンサーの組み合わせを３段用いる回路例を記載したが、目的に応じて段数および個々の部品容量などの定格を選定することは言うまでもない。

【００２２】

キセノンフラッシュランプ１を点灯させ、所望の光照射効果を得るためには必要とするエネルギーをランプに対してほぼ瞬時に供給する必要があるが、そのエネルギーは通常の電源から直接給電する方法では不十分であるため、蓄電機能を有するデバイスに蓄えた後に信号により一気に放出させる手法を用いる。蓄電機能はコンデンサーＣ１，Ｃ２，Ｃ３が担っており、その容量Cは目的に応じて設定する。負荷に対して適切なパルスとして放電させるためにインダクタンスLを回路内に設けてある。これらCとLの組み合わせおよび個数によりエネルギーとパルス幅を変えることができる。ここでは３段構成を示しているが、これに限定されるものではない。

【００２３】

コンデンサーＣ１，Ｃ２，Ｃ３に電荷を蓄積しただけではランプは発光せず、何らかの方法で放電を開始させるためのトリガーをかける必要がある。電荷量が過大である場合にはトリガー無しに発光してしまうが、そのような使用では制御が一切できないため、ランプの制御可能な電荷量範囲で使用するものである。このような外部トリガーは高電圧のパルスを用い、ランプ内の陽極と陰極の間に薄いイオン化した領域を作り出す。イオン化はトリガーバー１２に高電圧パルスを印加することにより生じる電位勾配によって発光管壁の近傍において始まり、極

めて短時間のうちにランプ内に広がり、瞬時の閃光となる。図２中で、１４はトリガー充電器、Ｄはダイオード、Ｒは抵抗、Ｃ４・Ｃ５・Ｃ６はコンデンサー、Ｓは起動スイッチ、１１は変圧器である。変圧器１１にトリガーバー１２が接続され、トリガーバー１２はランプ１の発光管外壁に近接配置されている。

【００２４】

さらにエネルギーＥとパルス幅τは次のように求める。パルスのエネルギーＥはサーモパイル方式のセンサーヘッドを用い、オリフィスを介して照射光をヘッド部に入射させることにより測定を行う。また、パルス幅は回路の電流波形をオシロスコープで測定し求めている。本発明の適用される光エネルギー範囲は大概５～３０Ｊ／ｃｍ^2、パルス幅は0.01～50×10^{-3}ｓｅｃである。

【００２５】

（実施例１）

本発明の具体的実施例１は薄膜トランジスタ作成に用いられる工程の一部となっているアモルファス状態で形成された薄膜をポリクリスタル状態にした後にｎタイプのイオンドーピング層の活性化処理をするまでの工程を取り上げて説明する。

【００２６】

通常の脱脂洗浄を終えたガラス基板を製膜装置のロードロック室に入れ、真空に排気した後に製膜室へ搬送し、CVD法によりＳｉＯ$_2$薄膜を５００ｎｍの厚さに形成する。次にプラズマCVD法によりa-Ｓｉ薄膜を５０ｎｍの厚さに形成する。この２層構造をフォトリソグラフィー工程を用いて所望のパターン形状の形成を行う。エッチング液や条件などは多くの文献に記載されているのでその詳細は省略する。

【００２７】

このようにガラス基板上に形成したＳｉＯ$_2$薄膜（５００ｎｍ）／アモルファスＳｉ（a-Ｓｉ）薄膜（５０ｎｍ）の二層構造をパターン化した試料にフラッシュランプからのパルス光を照射することによりポリクリスタルシリコンを形成する。この際には試料ステージの温度を３００℃とし、照射指標Sが５００～６００付近の値を用いる。

【００２８】

次に、ゲート絶縁膜としてＳｉＯ$_2$薄膜をプラズマCVD法により形成する。さらに、スパッタリング法によりＡｌ薄膜を２００～３００ｎｍ堆積させ、ゲート電極および配線としてのパターニングを行う。引き続きトランジスタのリーク電流を低減させるためにオフセット構造またはLDD構造をフォトリソグラフィーにより形成する。

【００２９】

トランジスタのソースおよびドレインの低抵抗領域形成のためにイオンドーピングを行う。Nチャネルトランジスタ部分の形成のためにPチャネルトランジスタ側をレジストでマスキングしておき、PH_3ガスをイオン化することによりPをドーピングする。イオンドーピングの後にこれらのドーパントを電気伝導に役立てるための活性化処理を行う。そのためにフラッシュランプからのパルス光を照射する。

【００３０】

電気伝導度の評価特性としてシート抵抗を取り上げ説明する。

照射指標Sが小さい場合はシート抵抗は高いが、大きくするに伴い抵抗値が下がってゆき、照射指標Sが５００乃至６００あたりでほぼ飽和する傾向にある。

【００３１】

すなわち、照射指標S値が$500 \leqq S \leqq 900$の範囲とすれば、実際のシリコン半導体の製造において、シート抵抗値の変化の小さい、製品間のバラツキの少ないシリコン半導体を得ることができる。

【００３２】

さらに照射指標S値が大きな条件にて照射した場合には薄膜へのダメージを生じる場合があり、900あたりからその傾向が顕著となるため、これより大きな照射指標値は実用上ふさわしくない。したがって、可能な限りシート抵抗を下げる必要がある場合には本サンプルに限って言えば照射指標Sが５００~６００程度が最適値となる。一方、シート抵抗がある程度下がればよく、例えフラッシュランプによる照射のように極短時間であってもプロセスによる温度上昇を極力抑えたい場合には照射指標Sが４００近辺であっても差し支えない場合もある。

【００３３】

（実施例２）

本発明の具体的実施例２は薄膜トランジスタ作成に用いられる工程の一部となっているアモルファス状態で形成された薄膜をポリクリスタル状態にした後にｐタイプのイオンドーピング層の活性化処理をするまでの工程を取り上げて説明する。

【００３４】

通常の脱脂洗浄を終えたガラス基板を製膜装置のロードロック室に入れ、真空に排気した後に製膜室へ搬送し、CVD法によりSiO_2薄膜を５００ｎｍの厚さに形成する。次にプラズマCVD法によりa-Ｓｉ薄膜を５０ｎｍの厚さに形成する。この二層構造をフォトリソグラフィー工程を用いて所望のパターン形状の形成を行う。エッチング液や条件などは多くの文献に記載されているのでその詳細は省略する。

【００３５】

このようにガラス基板上に形成したSiO_2薄膜（５００ｎｍ）／アモルファスＳｉ（a-Ｓｉ）薄膜（５０ｎｍ）の二層構造をパターン化した試料にフラッシュランプからのパルス光を照射することによりポリクリスタルシリコンを形成する。この際には試料ステージの温度を３００℃とし、照射指標Sが５００～６００付近の値を用いる。

【００３６】

次に、ゲート絶縁膜としてSiO_2薄膜をプラズマCVD法により形成する。さらに、スパッタリング法によりＡｌ薄膜を２００～３００ｎｍ堆積させ、ゲート電極および配線としてのパターニングを行う。引き続きトランジスタのリーク電流を低減させるためにオフセット構造またはLDD構造をフォトリソグラフィーにより形成する。

【００３７】

トランジスタのソースおよびドレインの低抵抗領域形成のためにイオンドーピングを行う。Pチャネルトランジスタ部分の形成のためにNチャネルトランジスタ側をレジストでマスキングしておき、B_2H_6ガスをイオン化することによりBをド

ーピングする。イオンドーピングの後にこれらのドーパントを電気伝導に役立てるための活性化処理を行う。そのためにフラッシュランプからのパルス光を照射する。

【００３８】

照射指標Sが小さい場合はシート抵抗は高いが、大きくするに伴い抵抗値が下がってゆき、照射指標Sが500ないし600あたりで飽和する傾向が見え始める。Nチャネル得る形成の場合と比較してシート抵抗の変化がほとんど見られないほどにはっきりとした飽和点を示すわけではないが、実用上問題の無い値近辺に落ち着くという傾向は明瞭である。

【００３９】

すなわち、照射指標S値が500≦Ｓ≦900の範囲とすれば、実際のシリコン半導体の製造において、シート抵抗値の変化の小さい、製品間のバラツキの少ないシリコン半導体を得ることができる。

【００４０】

さらに照射指標S値が大きな条件にて照射した場合には薄膜へのダメージを生じる場合があることはNチャネル形成時と同様であり、900あたりからその傾向が顕著となる。したがって、可能な限りシート抵抗を下げる必要がある場合には本サンプルについても照射指標Sは５００~６００程度が最適値となる。

【００４１】

実施例１および実施例２に見られるように照射指標Sには、おおよその適した範囲が存在し、その様子を示すものが図３である。図３は照射指標Ｓを横軸にとり、光照射後のシリコン半導体のシート抵抗を任意単位で縦軸にとって示したものである。

【００４２】

【発明の効果】

従来の光照射装置では照射強度を制御する方法が用いられてきたが、その場合には必要となる照射強度が対象物質に依存して桁が異なるほどに大きく相違していた。また、レーザーアニール装置のように光学系によりビーム形状を細工するものでは広範囲に同時にプロセスを進行させる用途には適さない。さらに、光照

射強度による制御においては必要とする深さ範囲のみに均等な効果をもたらしつつそれよりも深部に不要な悪影響を及ぼさない条件の設定などに困難をきたしていた。

【００４３】

しかしながら、本発明の装置は高精細度レーザー照射が用いられてきた用途から広域一括照射を要する用途にいたるまで対応できる。光源をパルス点灯し、その際に照射指標Ｓ＝Ｅ／$\tau^{1/2}$の値で制御することにより被照射物に対する不要な障害、たとえば不純物の意図せぬ拡散・クラックの発生・下地物質の異常加熱などの影響を排除しつつ所望の電気伝導特性を有する薄膜の形成・改質などが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明が適用される光照射装置の一例である。

【図２】本発明における照射指標Ｓを制御する回路構成の一例である。

【図３】照射指標Ｓの有効範囲を示した図である。

【符号の説明】

１　キセノンフラッシュランプ

２　反射板

３　ディフューザー

４　試料ステージ

５　試料

６　石英板

７　チャンバー

８　ヒータ

１０　光照射装置

１１　変圧器

１２　トリガーバー

１３　充電器

１４　トリガー充電器

Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３　コイル

Ｃ１、Ｃ２、Ｃ３、Ｃ４、Ｃ５、Ｃ６　コンデンサー

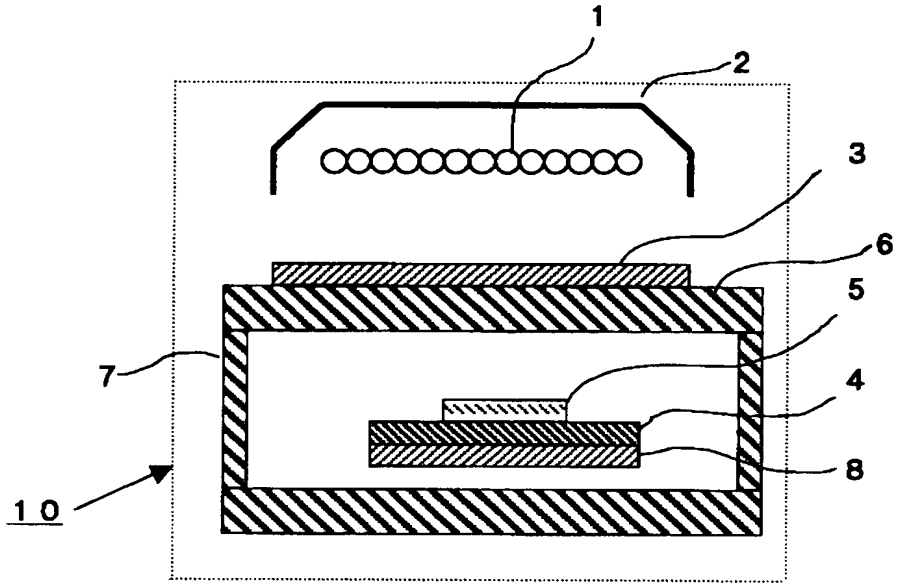
Ｄ　ダイオード

Ｓ　起動スイッチ

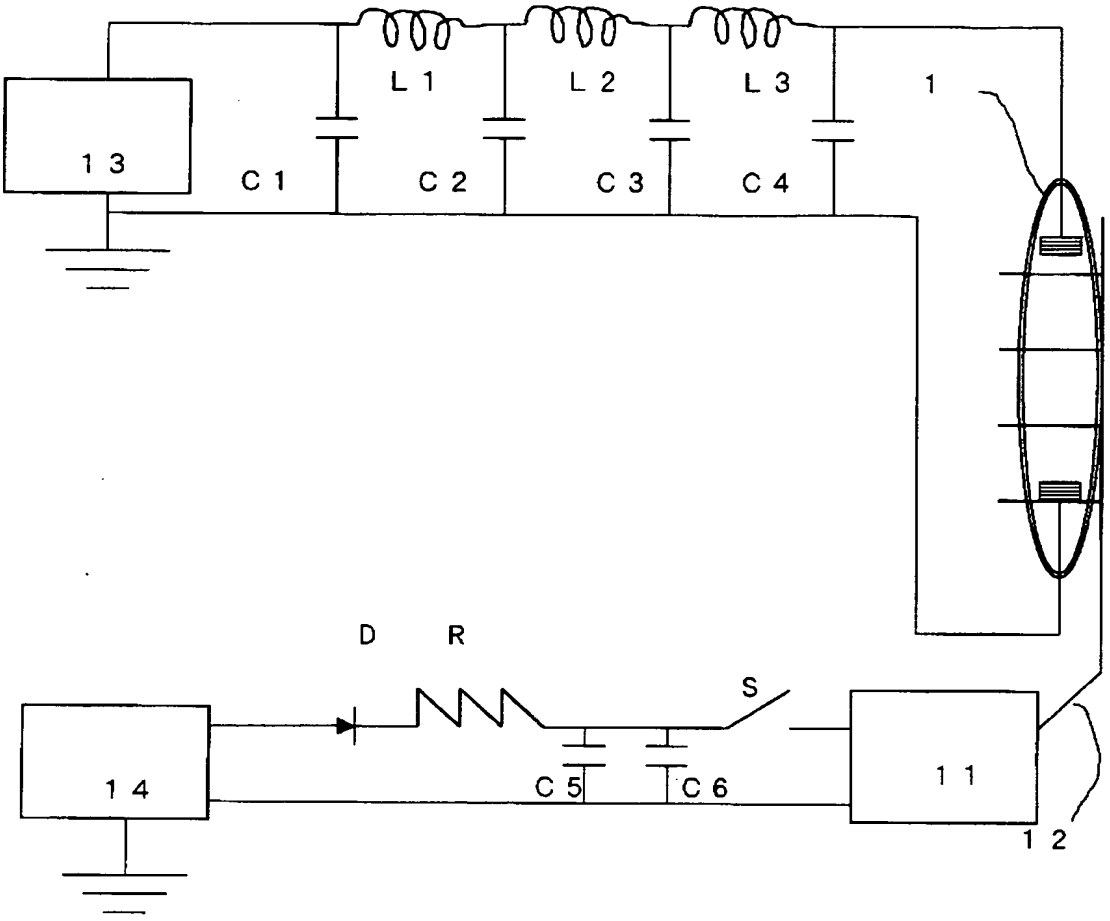
Ｒ　抵抗

【書類名】図面

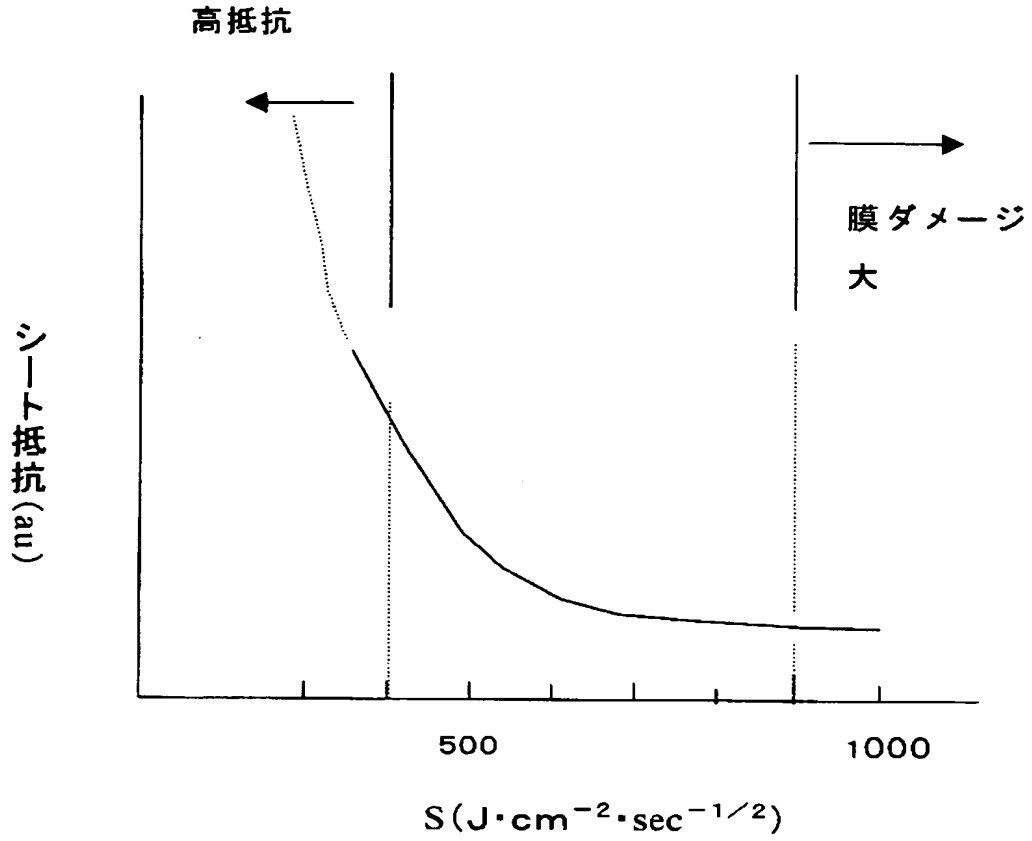
【図１】



【図２】



【図３】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】　広範な条件に対応可能な光照射方法であり、広い面積に制御性良く光を照射し材料を改質するための装置の生産性を大幅に向上させ、かつコストの削減を可能にする光照射方法を提供すること。

【解決手段】　不純物を導入したアモルファスシリコンおよび／またはポリクリスタルシリコンを被照射物とし、パルス点灯する光源を配置した光照射装置を用い、前記被照射物に光を照射して前記被照射物の電気伝導性を制御する電気伝導性制御方法であって、光を照射するにあたり光エネルギーＥをＪ／ｃｍ^2で表し、パルス幅τをｓｅｃで表したとき、$S=E/\tau^{1/2}$により定義する照射指標Ｓを制御して光照射を行い、該照射指標Ｓの値を$400 \leqq S \leqq 900$の範囲としたことを特徴とする電気伝導性制御方法とする。

【選択図】図３

特願２００２－３３６０２９

出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　　［０００１０２２１２］

１．変更年月日　　１９９０年　８月３０日
［変更理由］　　新規登録
住　所　　東京都千代田区大手町２丁目６番１号　朝日東海ビル１９階
氏　名　　ウシオ電機株式会社